

RECIBIDO EL 14 DE SEPTIEMBRE DE 2021 - ACEPTADO EL 15 DE OCTUBRE DE 2021

# ANÁLISIS DE SUELO DE TRAMO DE VÍA EN LA CIUDAD DE CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

## ANALYSIS OF THE PAVING SOIL OF A TRACK SECTION IN THE CITY OF CÚCUTA NORTE DE SANTANDER

Javier Alfonso Cárdenas Gutiérrez<sup>1</sup>

José Leonardo Jácome Carrascal<sup>2</sup>

Mawency Vergel Ortega<sup>3</sup>

### RESUMEN

Este estudio se realiza con el objetivo de mejorar el estado de las vías del sector urbano de la calle 13 desde la avenida 20 hasta la avenida 21 del barrio Cundinamarca de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, en el cual se realizaron ensayos de laboratorio como, granulometría con lavado por tamizado, humedad natural, límites de Atterberg y CBR inalterado, clasificación del suelo, para identificar el tipo de suelo y proceder próximamente a desarrollar un diseño del pavimento de este tramo de vía.

**PALABRAS CLAVE:** vía, pavimento, ensayos de laboratorio, mejoramiento, condiciones.

### ABSTRAC

Este estudio se realiza con el objetivo de mejorar el estado de las vías del sector urbano de la calle 13 desde la avenida 20 hasta la avenida 21 del barrio Cundinamarca de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, en el cual se realizaron ensayos de laboratorio como , granulometría con lavado por tamizado, humedad natural, límites de Atterberg y CBRff inalterado, clasificación del suelo, para identificar el tipo de suelo y proceder próximamente a desarrollar un diseño del pavimento de este tramo de vía.

**KEYWORDS:** road, pavement, laboratory tests, improvement, conditions.

### INTRODUCCIÓN

El estado en que se encuentra la infraestructura vial del país tiene que ver mucho con su nivel de desarrollo, al contar con vías en buen estado se presenta mejoría en la transitabilidad, comunicaciones, transporte en general y costos

1. *Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia, Orcid: 0000-0002-9894-0177*

*Email: javieralfonsocg@ufps.edu.co*

2. *Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia, Orcid: 0000-0002-6022-6891*

*Email: jose.jacome@ufps.edu.co*

3. *Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia, Orcid: 0000-0001-8285-2968*

*Email: Mawencyvegel@ufps.edu.co*

de operación, por esta razón, en primer lugar, se debe apuntar a realizar diseños de estructura de pavimentos que obedezca las peticiones solicitadas en dicha vía, con costos razonables, y garantizando, un índice correcto de servicio de la vida útil estimada (Peñaranda Pardo, L. J., Tello, W., & Íos, R., 2019)

De lo anterior se desea cambiar la estructura y proponer soluciones duraderas y efectivas que reduzcan los costos de operación vehicular y apresuren la evacuación de la producción, por lo tanto, se realiza un estudio mediante ensayos de laboratorio para que próximamente se realice un diseño de pavimento del tramo de vía de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander (Correa Quintero, D. A., Acosta Pérez, E. D. A., & Torres Garzón, K. M. 2020).

## METODOLOGÍA

Esta investigación se centrará en la comunidad que habita el sector urbano del Barrio Cundinamarca, específicamente el siguiente tramo de vía: calle 13 desde la avenida 20 hasta la avenida 21, en la ciudad de san José de Cúcuta, Departamento Norte de Santander.

Con el propósito de conocer las características del suelo ya que en la ciudad de Cúcuta es una zona de alta sismicidad (Contreras, N. Y. R., & Lagos, O. E. Q. 2020), para la realización de los ensayos de laboratorio, se ejecutaron dos (2) apiques, en el tramo localizado en la Calle 13 entre Avenidas 20 y 21, debido a que dicho tramo de vía no hay capa de rodadura, lo que permite la extracción de las muestras de suelo. La exploración e investigación del suelo correspondiente al tramo de vía del proyecto, en el mes de febrero del año 2020 se llevó a cabo la ejecución de dos (2) apiques de un (1) metro de profundidad cada uno, localizados tal y como se observa en la figura #1 el cual se mostrará en esta investigación los resultados del apique 1 y 2.

- Apique #1 localizado en la Calle 13 entre Avenidas 20 y 21.
- Apique #2 efectuado en la Calle 13 entre Avenidas 20 y 21.

Con la finalidad de evaluar la capacidad de soporte de la sub-rasante (Espíritu Huaman, A. M. (2019), se realizaron exploraciones tomando muestras alteradas a cada estrato de suelo observado, que permite observar las propiedades de los materiales gracias a los ensayos de humedad natural (I.N.V.E 122 – 07), granulometría con lavado por tamizado (I.N.V.E 123 - 07 ASTM D 422 AASHTO T88 NLT 104), caracterización del suelo por medio de los métodos SUCS y AASHTO (ASTM D 2487 ) (Quispe Cabello, L. A. 2021), límites de Atterberg o consistencia (Vallejo, E. A. S., & Mena, W. A. R. 2019), y CBR inalterado Vallejo, E. A. S., & Mena, W. A. R. (2019).



**Figura 1. Localización apiques ejecutados sector urbano Barrio Cundinamarca**

Fuente: Elaboración propia, Google maps.

## ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS

La obtención de la información geotécnica requerida para el proyecto desarrollado se logró conseguir mediante la exploración de campo, extracción de muestras de suelo y la realización de los ensayos correspondientes en el laboratorio de suelos civiles de la Universidad Francisco de Paula Santander. A continuación, en la Tabla #1, se observa los ensayos de laboratorio que se han ejecutado con sus respectivas normas, para así determinar las características físicas y mecánicas del suelo.

Tabla 1. Ensayos de laboratorio realizados

N° DE ENSAYOS	ENSAYOS	NORMAS
3	Determinación del contenido de agua (humedad) en roca, suelo y mezcla de suelo o agregado.	N O R M A S I.N.V.E 122 - 07 ASTM D 2216
3	Análisis granulométrico por tamizado con lavado.	N O R M A S I.N.V.E 123 - 07 ASTM D 422 AASHTO T88 NLT 104
3	Clasificación de suelos.	ASTM D 2487
3	Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.	N O R M A S I.N.V.E 125 - 07, I.N.V.E 126 - 07 AASHTO T 89-790 NLT 105-105
3	Ensayo CBR mediante cono dinámico de penetración.	N O R M A I.N.V.E - 172 - 07

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Recopilación de la información geotécnica obtenida

natural de la calle 13 entre Avenida 20 y 21 del barrio Cundinamarca, con una profundidad de 0-1 metros; número de muestra 1 y numero de apique 1.

En la siguiente tabla #2 se puede encontrar los resultados arrojados del ensayo de humedad

Tabla # 2. Humedad natural.

No. recipiente	21	8	11
Whúmedo+Wrecipiente	181,6	181,5	184,88
Wseco + Wrecipiente	174,51	174,32	177,36
Wrecipiente	76,45	78,83	82,3
Humedad (%)	7,23	7,52	7,91
Humedad Promedio (%)	7,55		

En las siguientes tablas # 3 y tabla # 4 se observa los resultados del ensayo de granulometría-clasificación, localizada en el barrio Cundinamarca en la calle 13 entre avenida 20 y 21, una profundidad de 0-1 metros;

número de muestra 1 y numero de apique 1. El peso inicial de la muestra es de 502 gr y el peso final después de lavar es 234,30 gr, se describe este suelo como un limo de baja plasticidad color naranja.

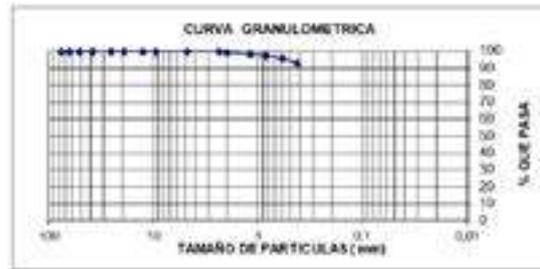
**Tabla #3. Granulometría**

TAMIZ	P E S O	% RETENIDO	% R E T E N I D O	% QUE
No.	RETENIDO		ACUMULADO	PASA
3"	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
		0,00		
		0,00		
1"		0,00		100,00
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	3,52	0,70	0,70	99,30
No. 16	4,77	0,95	1,65	98,35
No. 20	4,54	0,90	2,56	97,44
No. 30	7,75	1,54	4,10	95,90
No. 40	14,83	2,95	7,05	92,95
No. 60	46,98	9,36	16,41	83,59
No. 100	68,99	13,74	30,15	69,85
No. 200	83,02	16,54	46,69	53,31
FONDO	267,56	53,30	99,99	0,01
	501,96	99,99		

**Tabla # 4. Clasificación del suelo**

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-4
I.G.	3
U.S.C.	CL-ML
GRAVA	0
ARENA	46,69
FINOS	53,31
I.P.	4,55

En la siguiente figura #2 se puede observar la curva granulométrica del apique 1.



**Figura #2. Curva granulométrica apique 1.**

En las siguientes tablas # 5, tabla # 6 y tabla # 7, se observa los resultados arrojados del ensayo de Límites de consistencia o de Atterberg, localizada en el barrio Cundinamarca en la calle

13 entre avenida 20 y 21, una profundidad de 0-1 metros; número de muestra 1 y numero de apique 1. Se puede describir este suelo como un limo de baja plasticidad color naranja.

**Tabla # 5. Límite líquido**

Número de golpes	40	31	26	20
Número del recipiente	3	23	5	38
Peso del recipiente (gr.)	6,4	6,38	6,47	6,29
Peso húmedo (gr.)	35,42	26,86	31,69	31,36
Peso seco (gr.)	31,38	23,9	28,01	27,54
Humedad (%)	16,17	16,89	17,08	17,98

**Tabla # 6. Limite plástico**

Número del recipiente	35	22	15
Peso del recipiente (gr.)	6,4	6,51	6,44
Peso húmedo (gr.)	10,77	10,42	10,67
Peso seco (gr.)	10,27	9,98	10,19
Humedad (%)	12,92	12,68	12,8

En la siguiente figura #3 se observa el gráfico de Límite líquido



**Figura # 3. Límite líquido**

En la siguiente tabla #7 se especifica la clasificación del suelo de acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo de Límites de consistencia o de Atterberg,

**Tabla # 7. Clasificación del suelo**

AASHTO	A-4
I.G.	3
U.S.C.	CL - ML
Grava	0,00
%Arena	46,69
%Finos	53,31
Limite liquido (%)	17,35
Limite plástico (%)	12,8
Índice de plasticidad	4,55

En las siguientes tablas # 8, 9, 10,11, se observan los resultados arrojados del ensayo de CBR INALTERADO (sin sumergir y sumergido) localizado en el barrio Cundinamarca - Cúcuta, a una profundidad de 0-1 metro, numero de apique 1 y numero de muestra 1, se puede describir este suelo como un limo de baja plasticidad.

**Tabla #8. CBR Inalterado**

Molde No.	3
Cantidad agua adicionada (c.c.)	
Peso molde+suelo húmedo (gr.)	14065
Peso molde (gr.)	8948
Peso suelo húmedo (gr.)	5117
Humedad (%)	7,55
Peso suelo seco (gr.)	4757,64
Peso suelo seco (Lb.)	10,49
Volumen del molde (pie <sup>3</sup> )	0,082
Densidad seca (Lb/pie <sup>3</sup> )	127,91
Densidad seca (gr./cm <sup>3</sup> )	2,05

**Tabla #9. Humedad de campo**

Molde No.	3		
Frasco No.	21	8	11
Peso muestra húmeda+Frasco(gr.)	181,6	181,5	184,88
Peso muestra seca+Frasco (gr.)	174,51	174,32	177,36
Peso frasco (gr.)	76,45	78,83	82,3
Humedad (%)	7,23	7,52	7,91
		7,55	

**Tabla #10. Prueba de expansión**

Molde No.	3
Lectura inicial (0,001pulg.)	34
Lectura 2º día (0,001pulg.)	50
Lectura 3º día (0,001pulg.)	54
Lectura 4º día (0,001pulg.)	56
Expansión total (pulg)	0,44

**Tabla #11. Humedad de penetración**

Molde No.	3		
Frasco No.	38	84	88
Peso muestra húmeda+Frasco(gr.)	177,88	182,67	192,02
Peso muestra seca+Frasco (gr.)	165,43	167,9	177,6
Peso frasco (gr.)	79,2	71,88	74,29
Humedad (%)	14,44	15,38	13,96
		14,59	

En la siguiente tabla #11 se observan los resultados de laboratorio de CBR Inalterado, la relación de esfuerzo deformación, ubicado en el barrio Cundinamarca de Cúcuta a una profundidad de 0-1 metros, numero de muestra 1 y numero de apique 1.

Tabla #11. CBR Inalterado

CONSTANTE DEL ANILLO	Área del pistón(pulg <sup>2</sup> )			
	2,6161			
MOLDE No.	3 sin sumergir		3 sumergido	
	PENETRACIÓN	CARGA	C.U.	CARGA
0,005	3	2,62	8	6,98
0,025	29	25,29	35	30,52
0,05	56	48,83	73	63,66
0,075	92	80,23	106	92,44
0,1	78	68,02	94	81,97
0,15	106	92,44	136	118,6
0,2	114	99,41	128	111,62
0,25	124	108,13	157	136,91
0,3	155	135,17	163	142,14
0,4	206	179,64	213	185,74
0,5	332	289,52	341	297,36
C.B.R. 0,1"	6,8		8,2	
C.B.R. 0,2"	6,63		7,44	
C.B.R.	6,8		8,2	

En la siguiente figura #4 se observa la curva de penetración versus carga unitaria.

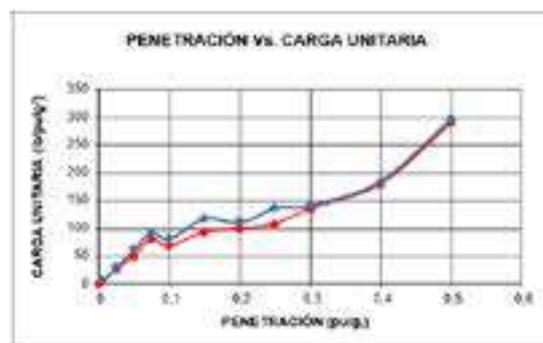


Figura # 4. Relación esfuerzo deformación.

En la siguiente tabla # 12 se observan los resultados de laboratorio de Humedad natural, ubicado en el barrio Cundinamarca de Cúcuta, calle 13 entre avenidas 21 y 22 a una profundidad de 0-1 metros, numero de muestra 1 y numero de apique 2. Se puede describir este suelo como un limo de baja plasticidad color naranja.

Tabla #12. Humedad natural.

No. recipiente	15	4	8
Whumedo+Wrecipiente	181,03	180,72	185,12
Wseco+Wrecipiente	175,04	175,12	174,15
Wrecipiente	76,1	78,24	82,2
Humedad (%)	6,05	5,78	11,93
Humedad Promedio (%)	7,92		

En la siguiente tabla # 13 y 14 se observan los resultados de laboratorio de humedad natural, ubicado en el barrio Cundinamarca de Cúcuta, calle 13 entre avenidas 21 y 22 a una profundidad de 0,0-0,5 metros, numero de muestra 1 y

numero de apique 2. Se puede describir este suelo como un limo de baja plasticidad color naranja. Peso inicial 490 gr. y peso después de lavar 245,20 gr.

**Tabla #13. Granulometría apique 2**

TAMIZ No.	P E S O % RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% Q U E PASA
3"	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
		0,00		
		0,00		
1"		0,00		100,00
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 10	3,50	0,71	0,71	99,29
No. 16	7,30	1,49	2,20	97,80
No. 20	4,48	0,91	3,12	96,88
No. 30	7,64	1,56	4,68	95,32
No. 40	14,86	3,03	7,71	92,29
No. 60	47,30	9,65	16,41	83,59
No. 100	69,44	14,17	30,15	69,85
No. 200	70,26	14,34	44,49	55,51
FONDO	264,73	54,03	98,52	1,48
	489,51	99,90		

**Tabla #14. Clasificación del suelo**

AASHTO	A-4
I.G.	3
U.S.C.	ML
GRAVA	0
ARENA	46,16
FINOS	53,84
I.P.	3,71

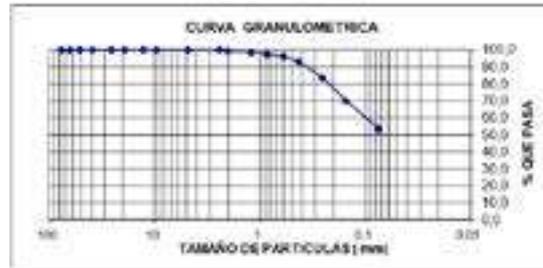


Figura # 5. Curva granulométrica apique 2.

## RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Los resultados de los ensayos de laboratorios permitieron identificar los tipos de suelos existentes a una longitud de 1129 m de vía, y presentar las características de cada uno de los tramos para que el diseñador desarrolle la estructura de pavimento.

**Tramo 1.** Comprende: Calle 13 entre Avenidas 20 y 21, Barrio Cundinamarca. En el tramo 1 se realizaron (2) dos apiques. La muestra tomada en el apique #1, arrojó las siguientes características: Suelo limoso de baja plasticidad color naranja, en este sector se encuentran materiales muy finos de características pobres a malas (ML). Con un porcentaje promedio de arenas del 46.69%, y finos del 53.31%. El suelo estudiado muestra resultados promedios de límite plástico del 12.80%, límite líquido del 17.35%, índice de plasticidad del 4.55% y humedad natural del 7.55%. Los resultados de CBR obtenido a una profundidad de (0m – 1.00m) fue de 7.86% el molde sin sumergir y 7.5% en el molde sumergido. Tomando el valor de CBR del molde sumergido que fue de 7.5%.

## CONCLUSIONES

De la exploración de campo, y realización de los ensayos de laboratorio (humedad natural, granulometría con lavado por tamizado, sistema unificado de Clasificación de suelos y clasificación de suelos mediante AASHTO, límites de consistencia o Atterberg, y CBR),

se identificó las características de suelo como humedad natural, y capacidad portante del suelo. Se llevó a cabo (2) apiques de (1) metro y (0,5) metros de profundidad, localizados en la Calle 13 entre Avenidas 20 y 21. Los ensayos de laboratorio arrojaron las siguientes características.

Tramo 1, que comprende la Calle 13 entre Avenidas 20 y 21, se realizaron (2) dos apiques. La muestra tomada en el apique #1, arrojó: Suelo limoso de baja plasticidad color naranja, en este tramo se encuentran materiales muy finos de características pobres a malas (ML). Con un porcentaje promedio de arenas del 46.69%, y finos del 53.31%. Los resultados del suelo presentan valores promedios de límite plástico del 12.80%, límite de líquido del 17.35%, humedad natural del 7.55% e índice de plasticidad del 4.55%. El valor de CBR obtenido a una profundidad de (0m -1.00m) fue de 7,86% para el molde sin sumergir y 7.5% para el molde sumergido. Se tomó el valor de CBR del molde sumergido que fue de 7.5%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Peñaranda Pardo, L. J., Tello, W., & Ríos, R. Gestión del proyecto para el mejoramiento de vía mediante el uso de placa-huella en el sector corregimiento soledad-casco urbano convención, perteneciente a la red terciaria del municipio de convención, norte de Santander.

- Correa Quintero, D. A., Acosta Pérez, E. D. A., & Torres Garzón, K. M. (2020). factores que limitan la accesibilidad de personas con movilidad reducida al sistema de transporte público colectivo que asisten a un centro de rehabilitación en Cúcuta, 2020.
- Contreras, N. Y. R., & Lagos, O. E. Q. (2020). Estudio general de la amenaza sísmica de la ciudad de Cúcuta durante el periodo 2018-2021. *Formación estratégica*, 1(01), 71-82.
- Quispe Cabello, L. A. (2021). Diseño vial con los métodos aashto-93 y Shell para mejorar la transitabilidad en el distrito del tambo-Huancayo, 2020.
- Vallejo, E. A. S., & Mena, W. A. R. (2019). correlación del CBR con la resistencia a la compresión confinada. *ciencia e ingeniería neogranadina*, 29(1), 135-152.
- Espiritu Huaman, A. M. (2019). Mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante mediante la aplicación de savia de sábila en la carretera la esperanza-Malcongá, km 5 Matamarca-2018.
- Instituto Nacional de Vías. *Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) en suelo, roca y mezcla de suelo o agregado*. (I.N.V.E 122 – 07). <https://n9.cl/c2vbi>
- Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales. *Método de prueba estándar para la determinación en laboratorios del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa* (ASTM D-2216). <https://n9.cl/k1nxb>
- Instituto Nacional de Vías. *Análisis granulométrico de suelos por tamizado*. (I.N.V.E 123 – 07). <https://n9.cl/c2vbi>
- Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales. *Análisis granulométrico por tamizado*. (ASTM D 422). <https://n9.cl/k1nxb>
- Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales. *Clasificación de suelos para pronósticos de Ingeniería (Sistema de clasificación unificada de suelos)*. (ASTM D 2487). <https://n9.cl/xqipw>
- Instituto Nacional de Vías. *Determinación de límite líquido de los suelos*. (NORMAS I.N.V.E 125 - 07). <https://n9.cl/c2vbi>
- Instituto Nacional de Vías. *Índice plástico e índice de plasticidad de suelos*. (NORMAS I.N.V.E 126 - 07). <https://n9.cl/c2vbi>
- Instituto Nacional de Vías. *Método de ensayo normal para el uso del penetrómetro dinámico de cono en aplicación de pavimentos a poca profundidad*. (NORMAS I.N.V.E 172 - 07). <https://n9.cl/c2vbi>
- AASHTO. *Determinación de límite líquido*. (AASHTO T 89-790). <https://n9.cl/uqgcc>